

บทที่ 1

สารให้กลิ่นรสและอุตสาหกรรมการผลิตสารให้กลิ่นรส (Flavor and The Flavor Industry)

วัตถุประสงค์

เมื่อนักศึกษาได้ศึกษาบทเรียนบทนี้แล้วนักศึกษาควรมีความรู้และเข้าใจในเนื้อหาต่อไปนี้

1. ประเภทของสารให้กลิ่นรสที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร
2. การพัฒนาการผลิตสารให้กลิ่นรสในระดับอุตสาหกรรม ขั้นตอนการคิดค้นสูตรสารให้กลิ่นรส
3. วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสารให้กลิ่นรสในระดับอุตสาหกรรม

บทนำ

สารให้กลิ่นรสจัดเป็นส่วนผสม (ingredients) ที่มีความสำคัญในผลิตภัณฑ์อาหาร การรักษาสารให้กลิ่นรสให้คงอยู่ในผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปเป็นสิ่งที่ผู้ประกอบการให้ความสำคัญมากที่สุดเนื่องจากความเสถียรของสารให้กลิ่นรสมีความสัมพันธ์กับคุณภาพและการยอมรับของผลิตภัณฑ์ ปัจจัยที่มีผลต่อการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ ขั้นตอนการผลิต การเก็บรักษา บรรจุภัณฑ์ รวมถึงส่วนผสมอื่นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์อาหาร ปัจจัยที่เชื่อมโยงสารให้กลิ่นรสกับคุณภาพโดยรวมของอาหาร ได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ความเข้มข้น และ อันตรกิริยา (interaction) ระหว่างโมเลกุลของสารให้กลิ่นรสที่ระเหยได้กับองค์ประกอบของอาหาร

ปัจจุบันมีการใช้สารให้กลิ่นรสในอุตสาหกรรมอาหารเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารจะเกิดการสูญเสียสารให้กลิ่นรสซึ่งการสูญเสียนี้สามารถทดแทนได้โดยการเติมสารให้กลิ่นรสเลียนแบบธรรมชาติหรือสารให้กลิ่นรสสังเคราะห์ลงไปในผลิตภัณฑ์ สารให้กลิ่นรสทั้งสองชนิดนี้มีข้อดีคือสามารถผลิตได้โดยมีคุณภาพที่สม่ำเสมอซึ่งสามารถทำได้โดยการปรับมาตรฐานสารให้

1.1 วัตถุประสงค์ของการใช้สารให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหาร

1. เพื่อทดแทนกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหารที่สูญเสียไประหว่างกระบวนการแปรรูป
2. เพื่อเป็นการแต่งกลิ่นรสให้กับผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีกลิ่นรสให้มีกลิ่นรสตามต้องการ เช่นการใช้สารให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหรือผลิตภัณฑ์ประเภทเยลลี่ เป็นต้น
3. เพื่อช่วยเน้นกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหารให้เด่นชัดขึ้น

1.2 นิยามของสารให้กลิ่นรส

สารให้กลิ่นรสที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทได้แก่

1. **สารให้กลิ่นรสธรรมชาติ (Natural flavor)** หมายถึง สารให้กลิ่นรสที่ได้จากพืชหรือสัตว์ที่ปกติมนุษย์นำมาบริโภคโดยผ่านวิธีทางกายภาพ
2. **สารให้กลิ่นรสเลียนแบบธรรมชาติ (Artificial flavor)** หมายถึง สารให้กลิ่นรสที่ได้จากการแยกองค์ประกอบของสารให้กลิ่นรสโดยวิธีทางเคมีหรือได้จากสารให้กลิ่นรสที่สังเคราะห์ขึ้น โดยองค์ประกอบของสารให้กลิ่นรสที่แยกหรือสังเคราะห์ขึ้นนั้นจะต้องมีคุณลักษณะทางเคมีเหมือนกับพบในผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่ปกติมนุษย์ใช้บริโภค และหมายความรวมถึงสารให้กลิ่นรสเลียนแบบธรรมชาติที่มีสารให้กลิ่นรสธรรมชาติผสมอยู่ด้วย
3. **สารให้กลิ่นรสสังเคราะห์ (Synthetic flavor)** หมายถึง สารให้กลิ่นรสที่ได้จากวัตถุดิบที่ไม่เคยพบในผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่ปกติมนุษย์ใช้บริโภครวมถึงสารให้กลิ่นรสสังเคราะห์ที่มีสารให้กลิ่นรสธรรมชาติหรือสารให้กลิ่นรสเลียนแบบธรรมชาติผสมอยู่ด้วย

1.2.1 ความแตกต่างระหว่างสารให้กลิ่นธรรมชาติ และสารให้กลิ่น

เลียนแบบธรรมชาติ

คำจำกัดความของ สารให้กลิ่นธรรมชาติ และ สารให้กลิ่นเลียนแบบธรรมชาติซึ่งกำหนดโดย Code of Federal Regulations

สารให้กลิ่นธรรมชาติ ได้แก่ น้ำมันหอมระเหย (essential oil), oleoresin, สารสกัด (essence หรือ extractive), protein hydrolysate, สารสกัดที่ได้จากการกลั่น (distillate) หรือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคั่ว (roasting), การให้ความร้อน (heating) หรือ การย่อยสลายโดยใช้เอนไซม์ (enzymolysis) ซึ่งประกอบด้วยสารประกอบที่ให้กลิ่นที่ได้จากเครื่องเทศ (spice), ผลไม้ (fruit) หรือ น้ำผลไม้ (fruit juice), ผัก (vegetable) หรือ น้ำผัก (vegetable juice), edible yeast, สมุนไพร (herb), เปลือกไม้ (bark), รากไม้ (root), ใบไม้ (leaf) หรือชิ้นส่วนของพืช, เนื้อ (meat), อาหารทะเล (seafood), สัตว์ปีก (poultry), ไข่ (eggs), ผลิตภัณฑ์นม (dairy products) หรือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมัก (fermentation products) ซึ่งมีหน้าที่ในการให้กลิ่นในอาหารมากกว่าคุณค่าทางโภชนาการ

สารให้กลิ่นเลียนแบบธรรมชาติ อยู่ในกลุ่มที่ไม่อยู่ในคำจำกัดความของสารให้กลิ่นธรรมชาติ

สารให้กลิ่นรสทั้งสองประเภทจะถูกคิดค้นในห้องปฏิบัติการโดย flavorist ที่ได้รับการฝึกฝนจนมีความเชี่ยวชาญในการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส กระบวนการคิดค้นสูตรสารให้กลิ่นรสได้จากการผสมสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบหลัก (building block) ที่ให้ลักษณะของกลิ่นที่ต้องการเข้าด้วยกันโดยใช้อัตราส่วนที่เหมาะสม โดย flavorist จะใช้ สารเคมีที่ได้จากธรรมชาติ ('natural' chemicals) ในการผลิตสารให้กลิ่นธรรมชาติ และ สารเคมีที่ได้จากการสังเคราะห์ ('synthetic' chemical) การผลิตสารให้กลิ่นรสเลียนแบบธรรมชาติ flavorist ที่ทำการคิดค้นสูตรสารให้กลิ่นรสเลียนแบบธรรมชาติจะต้องใช้สารเคมีที่เป็นองค์ประกอบหลักชนิดเดียวกันในสูตรเหมือนในกรณี que คิดค้นสารให้กลิ่นธรรมชาติเพื่อให้ได้ลักษณะของกลิ่นที่ใกล้เคียงกับสารให้กลิ่นธรรมชาติมากที่สุด

ดังนั้นความแตกต่างของสารให้กลิ่นธรรมชาติและสารให้กลิ่นเลียนแบบธรรมชาติจึงได้แก่แหล่งที่มาของสารเคมีที่ใช้เป็นหน่วยโครงสร้างซึ่งให้ลักษณะเฉพาะของสารให้กลิ่นแต่ละชนิด ตัวอย่างเช่น ผู้บริโภคซื้อน้ำแอปเปิลซึ่งมีส่วนผสมของสารให้กลิ่นเลียนแบบแอปเปิล (artificial apple flavor) ผู้บริโภคจะบริโภคสารเคมีที่เป็นหน่วยโครงสร้างชนิดเดียวกัน (identical chemicals building blocks) กับเมื่อเลือกน้ำแอปเปิลที่มีส่วนผสมของกลิ่นแอปเปิลที่ได้จากธรรมชาติ

1.3 การพัฒนาการผลิตสารให้กลิ่นสเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

ในช่วงปี ค.ศ. 1850 -1900

องค์ประกอบของสารให้กลิ่นรสส่วนใหญ่ที่ผลิตในระยะแรกจะประกอบไปด้วยสารเคมีชนิดเดี่ยวๆ (single chemical flavor) ต่อมาจึงได้มีการพัฒนาการผลิต สารให้กลิ่นรสที่มีความซับซ้อน (sophisticated flavor) มากขึ้นซึ่งได้จากการนำส่วนผสมของสารให้กลิ่นรสซึ่งเป็นสารเคมีชนิดเดี่ยวๆตั้งแต่ 3-4 ชนิดมาผสมเข้าด้วยกัน โดยวัตถุดิบที่ใช้ประมาณ 90 % เป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ

ในช่วงปี ค.ศ. 1930-1940

เริ่มมีการใช้สารเคมีในการสังเคราะห์สารให้กลิ่นรสซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการผลิตสารให้กลิ่นรสเลียนแบบธรรมชาติ

ในปี ค.ศ. 1950

มีความต้องการในการใช้สารให้กลิ่นรสในอุตสาหกรรมอาหารเพิ่มมากขึ้นจึงได้มีการคิดค้นเพื่อพัฒนาการผลิตสารให้กลิ่นรสสังเคราะห์โดยใช้กระบวนการทางเคมีเนื่องจากสารให้กลิ่นรสที่ได้จากธรรมชาติผลิตได้ไม่เพียงพอกับความต้องการทำให้มีราคาแพง นักเคมีจึงได้ทำการศึกษา ค้นคว้าเพื่อสังเคราะห์ สารให้กลิ่นรสเพื่อใช้ในระดับอุตสาหกรรม โดยมีการพัฒนาเครื่องมือทางด้านเคมีวิเคราะห์เพื่อตรวจหาองค์ประกอบของสารให้กลิ่นรสที่ได้จากธรรมชาติ เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี เครื่องแมสสเปกโตรมิเตอร์ เครื่อง Nuclear Magnetic Resonance Spectrophotometer ข้อมูลจาก ผลการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือเหล่านี้ทำให้สามารถพัฒนาการผลิตสารให้กลิ่นรสเลียนแบบธรรมชาติได้มากขึ้น

ในช่วงปี ค.ศ. 1960-1970

มีการผลิตสารให้กลิ่นรสชนิดใหม่ๆออกมาจำหน่ายเป็นจำนวนมาก ซึ่ง ปี ค.ศ 1960 ถือเป็นยุคทองของอุตสาหกรรมการผลิตสารให้กลิ่นรส ซึ่งประมาณ 75 % ของธุรกิจเกี่ยวกับการผลิตสารให้กลิ่นรสทั้งหมดจะเกี่ยวข้องกับสารให้กลิ่นรสที่สังเคราะห์เลียนแบบธรรมชาติและสารให้กลิ่นรสสังเคราะห์

ผลิตภัณฑ์สารให้กลิ่นรสที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรมแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทได้แก่

1. น้ำมันหอมระเหยและสารสกัดจากธรรมชาติ (Essential oil and natural extract)
2. สารเคมีที่ให้กลิ่น (Aroma chemical)
3. Formulated flavor

ผลการสำรวจการเติบโตของอุตสาหกรรมการผลิตสารให้กลิ่นรสโดย Leffingwell & Association ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า ในปีค.ศ. 2003 การจำหน่ายผลิตภัณฑ์ flavor และ fragrance มีมูลค่าประมาณ 16.3 ล้านล้านเหรียญสหรัฐ และ มีการประมาณการว่าในปีค.ศ. 2004 มูลค่าจะเพิ่มขึ้นเป็น 18.4 ล้านล้านเหรียญสหรัฐ

ตารางที่ 1.1 ประเภทของผลิตภัณฑ์สารให้กลิ่นรสที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรม

ผลิตภัณฑ์สารให้กลิ่นรส	ร้อยละ (%)
Flavor blends	41
Fragrance blends	35
Aroma chemical	12
Essential oil	12

ที่มา : Short (2002)

ตารางที่ 1.2 ผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้สารให้กลิ่นรส

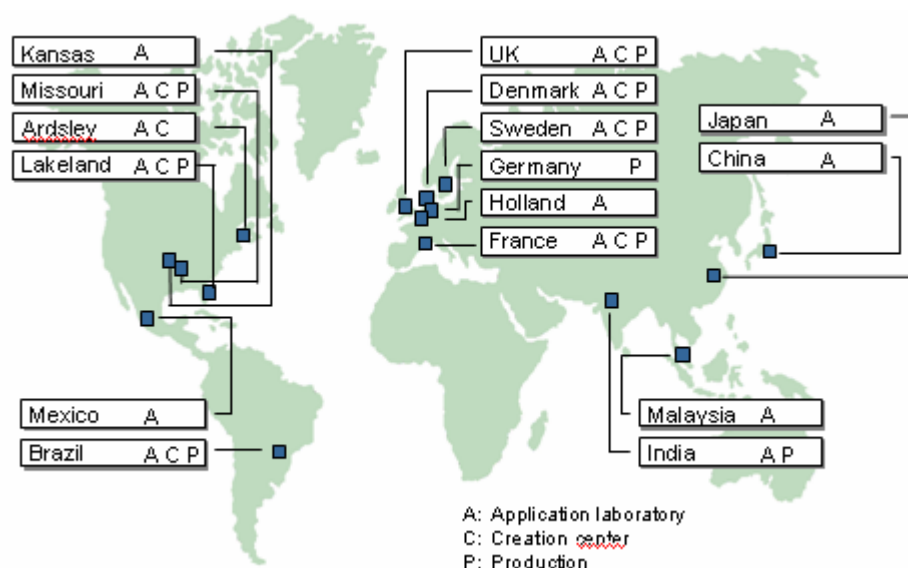
ชนิดของผลิตภัณฑ์	ร้อยละ (%)
ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม (beverage)	31.5
ผลิตภัณฑ์ขนมหวาน (confectionery)	20.0
ผลิตภัณฑ์นม (dairy)	15.0
ผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงอาหาร (culinary products)	14.5
ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขอนามัยในช่องปาก (oral hygiene)	8.0

ที่มา : Short (2002)

ตารางที่ 1.3 ส่วนแบ่งตลาดอุตสาหกรรมการผลิตสารให้กลิ่นรส

ส่วนแบ่งตลาด	ร้อยละ (%)
อเมริกาเหนือ (North America)	31
ยุโรปตะวันตก (Western Europe)	29
เอเชีย (ไม่รวมประเทศญี่ปุ่น)	14
ญี่ปุ่น	12
อื่นๆ	14

ที่มา : Short (2002)



ภาพที่ 1.1 ประเทศที่มีการคิดค้น การผลิต และ ประยุกต์ใช้สารให้กลิ่นรส

(A = Application, C = Creation, P = Production)

ที่มา : Danisco (2002)

องค์กรสำคัญที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการผลิตสารให้กลิ่นรส

1. FEMA (Flavor & Extract Manufacturers' Association)

กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิของ FEMA จะทำหน้าที่ในการประเมิน GRAS (Generally Recognized as Safe) status ของ flavoring ingredients โดยจะมีการปรับข้อมูลเกี่ยวกับ GRAS status ของ flavoring ingredients ให้ทันสมัยอย่างสม่ำเสมอทุกปีโดยสามารถค้นหาข้อมูลเหล่านี้ได้ในวารสาร Food Technology ปัจจุบันมี flavoring ingredients มากกว่า 5000 ชนิดที่จัดอยู่ใน GRAS list

2. IOFI (International Organization of the Flavor Industry)

ทำหน้าที่ในการให้ข้อมูลเกี่ยวกับสารให้กลิ่นรสที่ผ่านการรับรองความปลอดภัย และกฎหมายอนุญาตให้มีการใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

1.4 ขั้นตอนการคิดค้นสูตรสารให้กลิ่นรส

ขั้นตอนการคิดค้นสูตรเพื่อสร้างสารให้กลิ่นรสเริ่มจาก flavorist จะต้องทราบชนิดของสารเคมีที่เป็นหน่วยโครงสร้างหลัก (building block) ที่ให้ลักษณะเฉพาะของกลิ่นรสเป้าหมาย (target flavor) ซึ่งทำได้โดยการค้นข้อมูลจากวารสารวิทยาศาสตร์หรือผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่ เมื่อทราบข้อมูลดังกล่าวแล้ว flavorist จะดำเนินการเลือกสารเคมีที่เป็นหน่วยโครงสร้างหลักที่ให้ลักษณะเฉพาะของกลิ่นรสเป้าหมายดังกล่าวจาก list ของ flavor component ซึ่งพบโดยธรรมชาติ ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่ต้องการคิดค้นสูตรเพื่อสร้างกลิ่นแอปเปิ้ล จะมี simplifying nature's list ซึ่งใน list นี้จะตัดองค์ประกอบทางเคมีที่มีส่วนในการให้กลิ่นรสเพียงเล็กน้อยหรือสารที่ไม่อนุญาตให้นำมาใช้เนื่องจากมีความเป็นพิษออก จากนั้น flavorist จึงดำเนินการเลือกสารเคมีที่เป็นหน่วยโครงสร้างสารให้กลิ่นรสแอปเปิ้ลจากธรรมชาติ (สกัดจากธรรมชาติ) หรือ สารเคมีที่ได้จากการสังเคราะห์ (synthetic chemicals) ในการคิดค้นสูตรกลิ่นแอปเปิ้ล ดังนั้นสารให้กลิ่นรสเลียนแบบธรรมชาติจึงมีความแตกต่างจากสารให้กลิ่นรสธรรมชาติตรงที่สารให้กลิ่นรสเลียนแบบธรรมชาติ จะมีส่วนผสมที่ซับซ้อนน้อยกว่า (simple in composition) และมีความปลอดภัยมากกว่า เนื่องจากในขั้นตอนของการสร้างสารให้กลิ่นรสเลียนแบบธรรมชาติจะต้องใช้สารเคมีที่ต้องผ่านขั้นตอนการทดสอบความเป็นพิษและผ่านการรับรองความปลอดภัยและอนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้ นอกจากนี้ความแตกต่างของสารให้กลิ่นรสทั้งสองประเภทนี้จะอยู่ที่ราคาตัวอย่างเช่น กลิ่นมะพร้าวที่ได้จากธรรมชาติ (natural coconut flavor) เกิดจากสารเคมีที่เป็นหน่วยโครงสร้างหลักคือ massoya lactone ซึ่งสกัดได้จากเปลือกของต้น massoya ซึ่งปลูกกันมากในประเทศมาเลเซีย วัตถุดิบที่ใช้ในการสกัดได้จากการนำเปลือกของต้น massoya มาสกัด massoya lactone ซึ่งจะต้องมีการลงทุนในส่วนของการกระบวนการผลิต โครงสร้างทางเคมีของ massoya lactone ที่ได้จากการสกัดจากธรรมชาติจะเหมือนกับ massoya lactone ที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์โดยใช้สารอินทรีย์ในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นราคาของกลิ่นมะพร้าวที่ได้จากธรรมชาติ จึงมีราคาแพงกว่า กลิ่นมะพร้าวเลียนแบบธรรมชาติ (artificial coconut flavor)

ตารางที่ 1.4 ตัวอย่างความแตกต่างของราคาของสารให้กลิ่นธรรมชาติและสารให้กลิ่นเลียนแบบธรรมชาติ

สารให้กลิ่นรส	ราคาสารให้กลิ่นรสเลียนแบบธรรมชาติ (\$US/kg)	ราคาสารให้กลิ่นรสธรรมชาติ (\$US/kg)
Benzyl Butyrate	30	970
Cinnamic Aldehyde	30	125
Decanal	40	365
γ -Decalactone	75	3783

ที่มา : Short (2002)

1.5 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสารให้กลิ่นรส (Flavoring raw materials)

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสารให้กลิ่นรส แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทได้แก่

1. วัตถุดิบที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่ สารให้กลิ่นรสที่ได้จากพืช (plant – based flavoring materials), สารให้กลิ่นรสที่ได้จากสัตว์ (animal based flavoring material), สารให้กลิ่นรสที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างกระบวนการผลิต (reaction and process flavors), สารให้กลิ่นรสที่ผลิตโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพ
2. สารให้กลิ่นที่ได้จากการสังเคราะห์ (synthetic aroma chemicals)

1.6 สารให้กลิ่นรสที่ได้จากพืช (Plant-based flavoring materials)

สารให้กลิ่นรสที่ได้จากพืช ได้แก่

1.6.1 น้ำมันหอมระเหย (essential oil)

น้ำมันหอมระเหยเป็นองค์ประกอบที่ให้กลิ่นในพืชซึ่งมีปริมาณเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับน้ำหนักของพืช พืชผลิตน้ำมันหอมระเหยขึ้นเพื่อไล่แมลงหรือดึงดูดแมลงป้องกันไม่ให้สัตว์มาทำลาย

น้ำมันหอมระเหยแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด

1. น้ำมันหอมระเหยที่พบตามธรรมชาติ เช่น น้ำมันจากส้ม (citrus oil) น้ำมันหอมระเหยจากเครื่องเทศ และ สมุนไพร

2. น้ำมันหอมระเหยที่เกิดจากปฏิกิริยาการทำงานของเอ็นไซม์

หลังจากการนำชิ้นส่วนของพืชมาผ่านการลดขนาด เช่น onion oil องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยขึ้นอยู่กับ ชนิดของพืช สายพันธุ์ (มีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย) สภาพการปลูก (มีผลต่อผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยที่สามารถสกัดได้) และ ระยะการเจริญเติบโต (ontogeny) นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการสกัด

1.6.2 การสกัดสารให้กลิ่นรสในรูปของน้ำมันหอมระเหย

ในระดับอุตสาหกรรม

น้ำมันหอมระเหยถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และ อุตสาหกรรมการผลิตขนมหวาน วิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยในระดับอุตสาหกรรมได้แก่

1.6.2.1 การกลั่นโดยใช้ไอน้ำ (steam distillation)

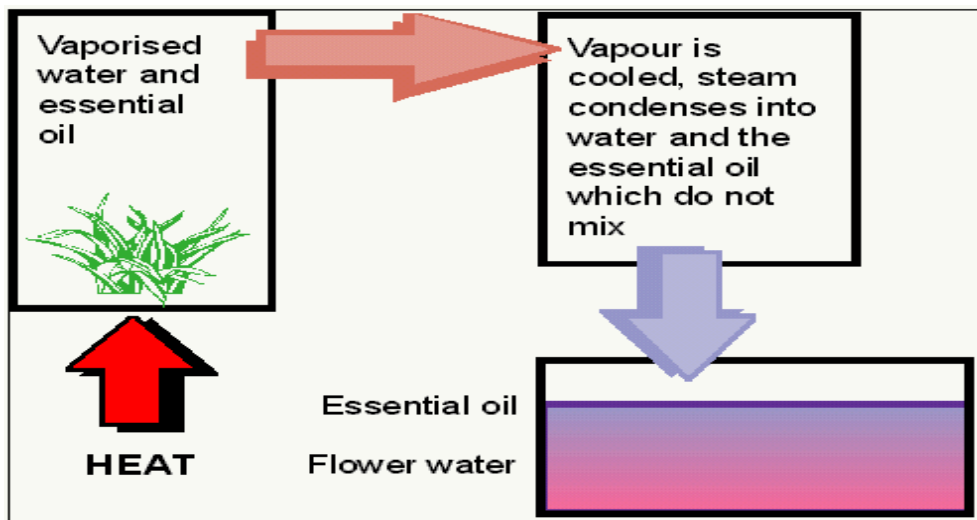
เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายโดยอาศัยเทคนิคการกลั่นของเหลว 2 ชนิดที่ไม่สามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ (heterogeneous liquid) เช่นน้ำและ น้ำมันหอมระเหย

1.6.2.2 การใช้แรงบีบอัดในการสกัดน้ำมันหอมระเหย

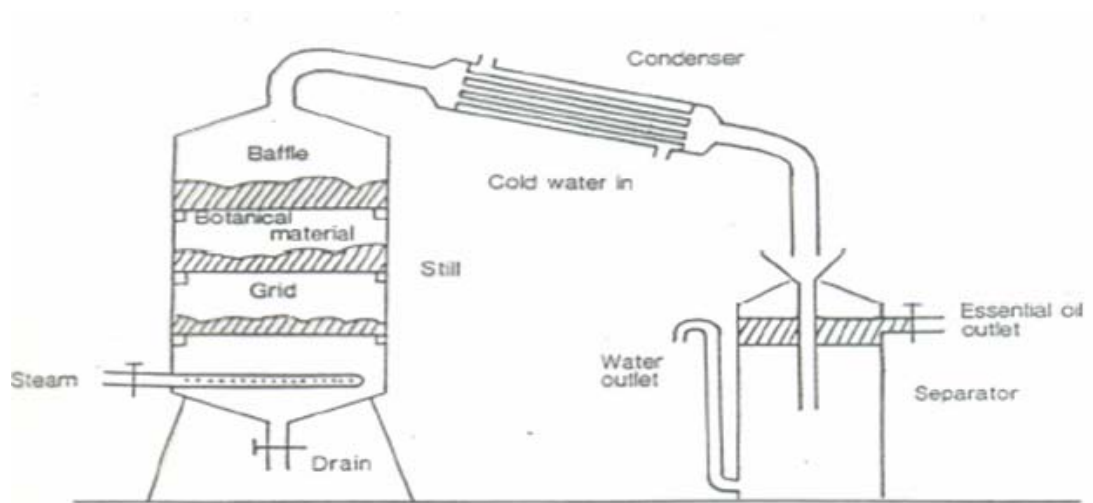
(Expression of oil)

วิธีนี้นิยมใช้ในการสกัดน้ำมันจากผิวส้ม (cold pressing oil) น้ำมันที่ได้จะอยู่ในรูปสารละลายอิมัลชันซึ่งสามารถแยกส่วนที่เป็นน้ำออกจากน้ำมันที่สกัดได้โดยใช้ เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge)

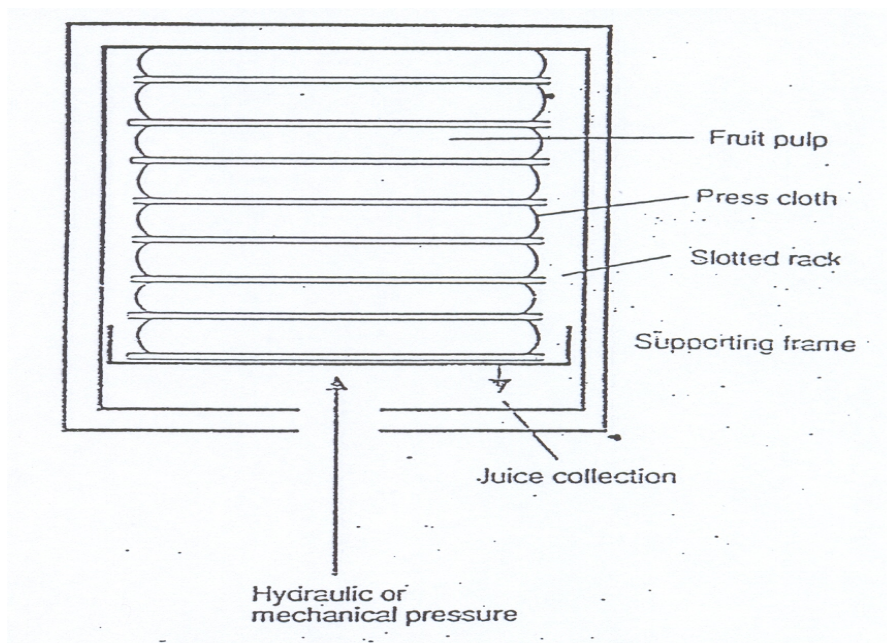
การแยกโดยวิธีนี้น้ำมันหอมระเหยที่ได้จะมีคุณภาพดีกว่าน้ำมันที่ได้จากการกลั่น เนื่องจากไม่มีความร้อนเข้ามาเกี่ยวข้องในขั้นตอนการสกัด นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยที่ได้อาจมีความเสถียรมากกว่าเนื่องจากมี natural anti-oxidant ธรรมชาติเช่น tocopherol ผสมอยู่



ภาพที่ 1.2 ไดอะแกรมแสดงการกลั่นน้ำมันหอมระเหย
ที่มา : Ashurst (1995)



ภาพที่ 1.3 ระบบการกลั่นน้ำมันหอมระเหยโดยใช้ไอน้ำในระดับอุตสาหกรรม
ที่มา : Ashurst (1995)



ภาพที่ 1.4 การใช้แรงบีบอัดในการสกัดน้ำมันหอมระเหย

ที่มา : Ashurst (1995)

1.6.2.3 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (Solvent extraction)

ในการสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยใช้ตัวทำละลายในระดับอุตสาหกรรม ต้องนำวัตถุดิบมาผ่านกระบวนการเตรียมตัวอย่าง (pretreat) ก่อนนำไปสกัดด้วยตัวทำละลาย การเลือกวิธีการและชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของวัตถุดิบและชนิดของสารสกัด (extract) ที่ต้องการ แต่ละประเทศอาจมีการอนุญาตให้ใช้ตัวทำละลายในการสกัดต่างกัน เช่น ในการผลิต vanilla extract ในประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดให้ใช้ตัวทำละลายซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างแอลกอฮอล์และน้ำ ตามอัตราส่วนที่กำหนด

การเลือกชนิดตัวทำละลายในการสกัดสารให้กลิ่นรสเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารจะมีข้อจำกัดเกี่ยวกับชนิดของตัวทำละลายที่อนุญาตให้ใช้ โดย EEC solvents direction ระบุชนิดของตัวทำละลายที่อนุญาตให้ใช้ในการสกัดและได้กำหนดปริมาณตัวทำละลายที่อนุญาตให้เหลืออยู่ (trace residue) ในผลิตภัณฑ์ ดังข้อมูลในตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 ตัวทำละลายที่อนุญาตให้ใช้ในการสกัดและปริมาณตัวทำละลายที่อนุญาตให้เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์อาหาร

ชนิดของตัวทำละลาย	ปริมาณตัวทำละลายที่อนุญาตให้เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์อาหาร (ppm)
Ethanol	Technically unavoidable quantities
Butane, propane	Technically unavoidable quantities
Acetone	Technically unavoidable quantities
Butyl and ethyl acetates	Technically unavoidable quantities
Nitrous oxide	Technically unavoidable quantities
Carbondioxide	Technically unavoidable quantities
Dichloromethane	0.1 ppm(1 ppm confectionery/pastry, 5 ppm decaffeinated tea, 10 ppm decaffeinated coffee)
Hexane	1 ppm (5 ppm oil/cocoa, 10 ppm defat flour, 30 ppm defat soya products)
Methanol, propan-1-ol, propan-2-ol	1ppm
Methyl acetate	1 ppm (20 ppm in decaffeinated tea and coffee)
Ethyl methyl ketone	1 ppm (5ppm fat or oil, 20 ppm in decaffeinated tea and coffee)
Chlorohexane, Butanols	1 ppm
Diethyl ether	2 ppm

ที่มา : Ashurst (1995)

คุณสมบัติของตัวทำละลายที่มีผลต่อสารสกัดได้แก่

1. ความมีขั้ว (Polarity)

คุณสมบัติด้านความมีขั้วของตัวทำละลายสามารถใช้เป็น guideline สำหรับโปรไฟล์ (profile) ขององค์ประกอบของสารสกัดที่ได้ ทำให้สามารถทราบได้ว่าองค์ประกอบใดจะถูกสกัดออกมาภายใต้สภาวะการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายชนิดต่างๆ

2. จุดเดือด (boiling point)

จุดเดือดของตัวทำละลายภายใต้ความดันบรรยากาศหรือระบบสุญญากาศที่ใช้จะมีอิทธิพลต่อโปรไฟล์ของสารสกัดที่ได้ ดังนั้นการเปลี่ยนตัวทำละลายจาก methanol เป็น ethanol หรือ isopropanol หรือ butanol ที่ความดันบรรยากาศจะเปลี่ยนโปรไฟล์ของน้ำหนักโมเลกุลของสารสกัด ยิ่งใช้ตัวทำละลายที่มีจุดเดือดสูงจะสามารถสกัดองค์ประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงๆได้

3. ความหนืด (Viscosity)

ความหนืดของตัวทำละลายจะเป็นตัวกำหนดความสามารถของตัวทำละลายในการแทรกซึมเข้าไปในชั้นส่วนของพืช ดังนั้นความหนืดของตัวทำละลายจึงเป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพในการสกัดเนื่องจากจะลดระยะเวลาในการสัมผัสระหว่างตัวทำละลายและ ชั้นส่วนของพืช ยิ่งตัวทำละลายมีความหนืดต่ำจะทำให้มีประสิทธิภาพในการสกัดสูง

4. ความร้อนแฝงของการระเหย (Latent heat of evaporation)

การใช้ตัวทำละลายที่มีความร้อนแฝงในการระเหยต่ำมีข้อดีคือสามารถแยกตัวทำละลายออกจากสารสกัดโดยใช้พลังงานน้อยกว่าตัวทำละลายที่มีความร้อนแฝงของการระเหยสูง

5. อุณหภูมิ/ความดัน (Temperature/Pressure)

อุณหภูมิในการ reflux ตัวทำละลายจะขึ้นอยู่กับความดัน โดยปกติอุณหภูมิจะลดลงประมาณ 15°C เมื่อความดันภายในระบบลดลงครึ่งหนึ่ง ดังนั้นจึงทำให้สามารถทำการกลั่นเพื่อแยกตัวทำละลายออกจากสารสกัดที่อุณหภูมิห้องภายใต้สภาวะสุญญากาศ คุณสมบัตินี้จะใช้ในการแยกตัวทำละลายออกจากสารสกัดในเครื่องระเหยแบบฟิล์มเคลื่อนที่ลง (falling film evaporator)

1.6.3 ส่วนประกอบของน้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหยจัดเป็นของผสมที่มีความซับซ้อน (complex mixtures) ซึ่งประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลากหลายชนิดได้แก่ terpenes, aromatics, aliphatic (carbonyl, alcohols, esters และ อื่นๆ)(ภาพที่ 1.6) ส่วนใหญ่จะมีสารซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งให้ลักษณะของกลิ่นรสที่เฉพาะ เช่น limonene ใน น้ำมันส้มที่สกัดโดยใช้แรงบีบอัด (cold pressed orange oil)

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยแบ่งออกได้เป็น

1. สารประกอบพวกไฮโดรคาร์บอน ซึ่งมีสูตรทั่วไปคือ $(C_5H_8)_n$
 - $n = 2$, monoterpene (C_{10})
 - $n = 3$, sesquiterpene (C_{15})
 - $n = 4$, diterpene (C_{20})
2. สารประกอบที่มีออกซิเจนอยู่ในโมเลกุล (oxygenated compounds) ได้แก่ alcohols, aldehydes, esters, ethers, ketones, phenols และอื่นๆ
3. สารที่มีไนโตรเจนและซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ (N and S containing compounds)



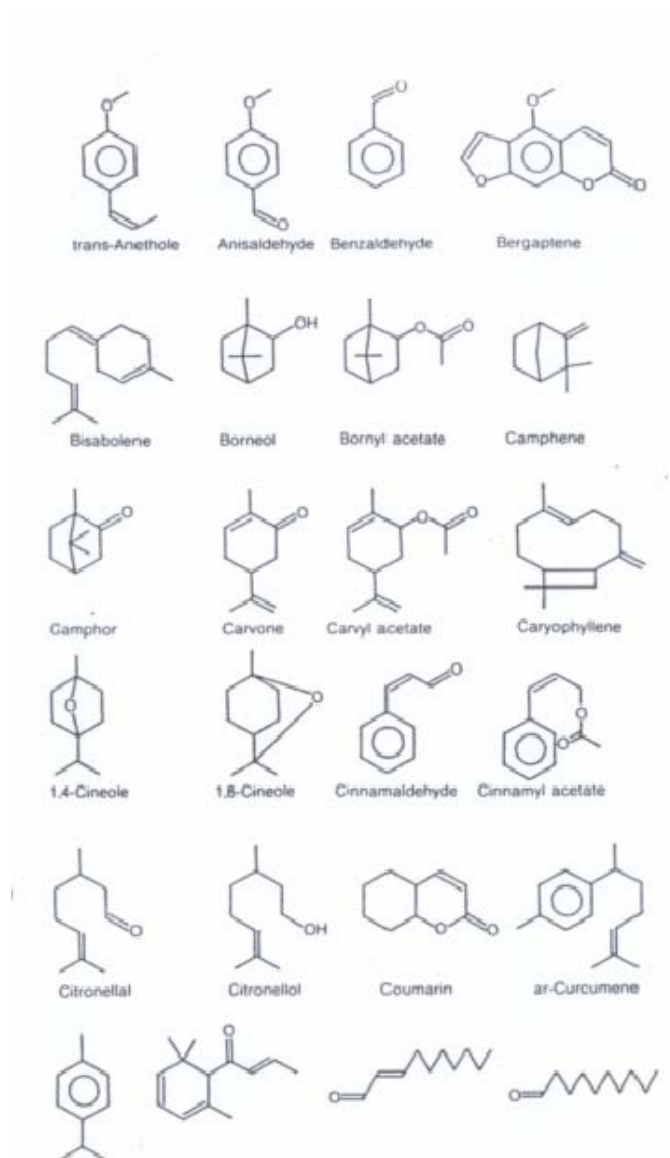
ภาพที่ 1.5 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลายในอุตสาหกรรม

ที่มา : Ashurst (1995)

ตารางที่ 1.6 คุณสมบัติของตัวทำละลายชนิดต่างๆ

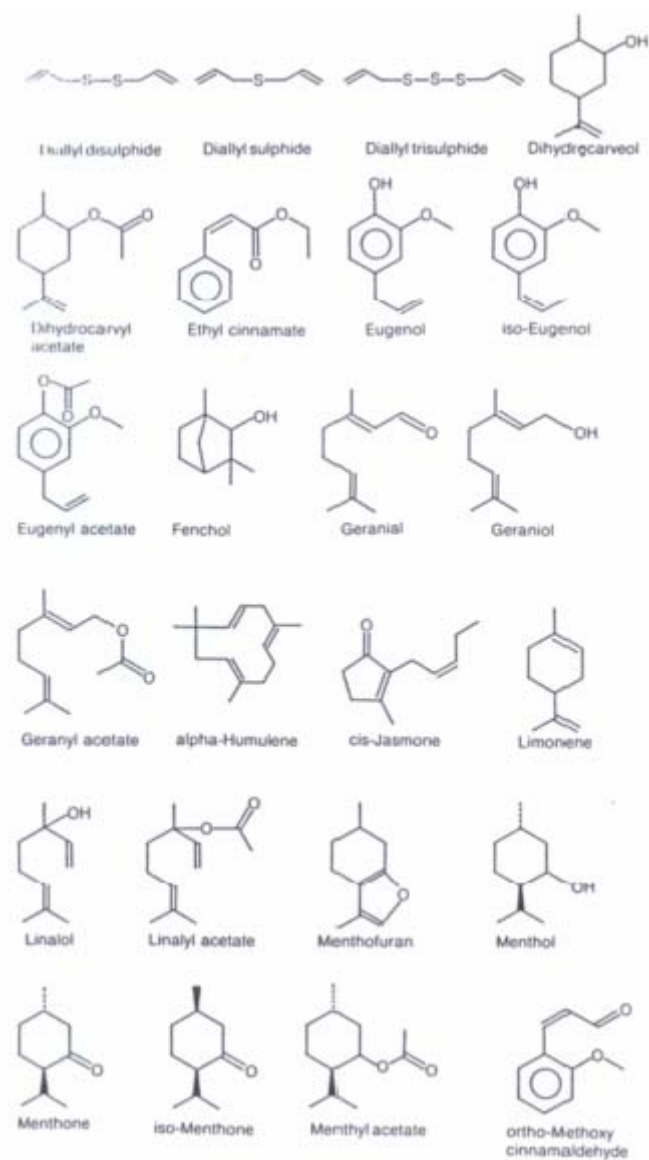
ตัวทำละลาย	ค่าความหนืด (cP)		ความร้อน แฝงของการ ระเหย (แคลอรี/ กรัม)	จุดเดือด (°ซ)	Polarity (ϵ)
	0°ซ	20°ซ			
Carbondioxide	0.10	0.07	42.4	-56.6	0
Acetone	0.40	0.33	125.3	56.2	0.47
Ethanol	1.77	1.20	204.3	78.3	0.68
Ethyl acetate	0.58	0.46	94	77.1	0.38
Hexane	0.40	0.33	82	68.7	0
Methanol	0.82	0.60	262.8	64.8	0.73
Dichloromethane	-	0.43	78.7	40.8	0.32
Pentane	0.29	0.24	84	36.2	0
Propan-2-ol(IPA)	-	2.43	167	82.3	0.63
Water	1.80	1.00	540	100.0	>0.73
Propylene glycol	-	56.00	170	187.4	>0.73
Glycerol	12110.0	1490.0	239	290.0	>0.73

ที่มา : Ashurst (1995)



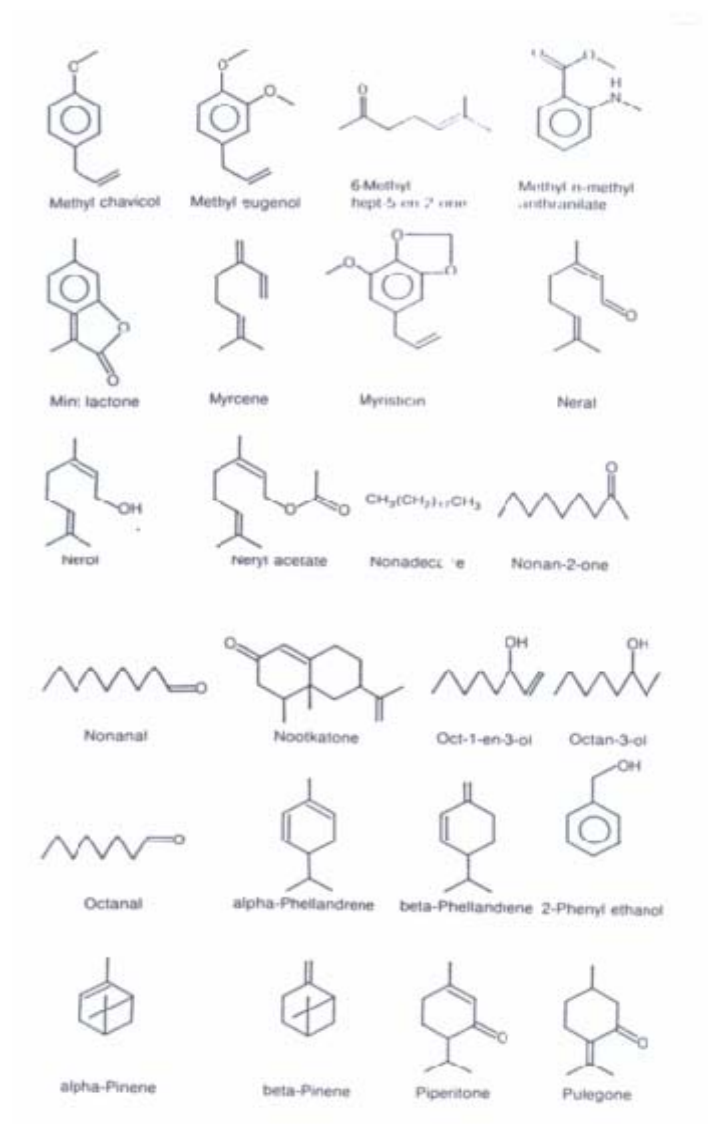
ภาพที่ 1.6 ตัวอย่างขององค์ประกอบทางเคมีซึ่งจัดเป็น key component ที่พบในน้ำมันหอมระเหย

ที่มา : Ashurst (1995)



ภาพที่ 1.6 (ต่อ) ตัวอย่างขององค์ประกอบทางเคมีซึ่งจัดเป็น key component ที่พบในน้ำมันหอมระเหย

ที่มา : Ashurst (1995)



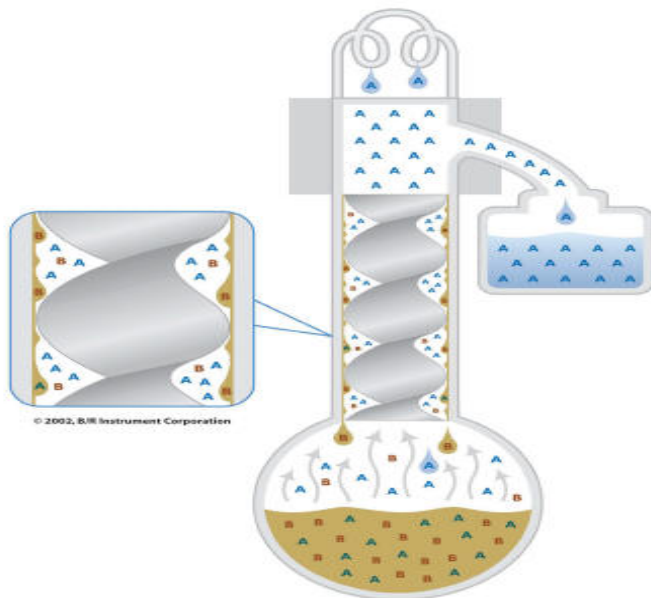
ภาพที่ 1.6 (ต่อ) ตัวอย่างขององค์ประกอบทางเคมีซึ่งจัดเป็น key component
 ที่พบในน้ำมันหอมระเหย

ที่มา : Ashurst (1995)

1.6.4 วิธีการทำให้น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้บริสุทธิ์มากขึ้น

1.6.4.1 การกลั่นอีกครั้ง (redistillation)

เพื่อทำให้น้ำมันหอมระเหย ที่ได้สะอาดขึ้น



ภาพที่ 1.7 การกลั่นอีกครั้ง (redistillation)

ที่มา : Ashurst (1995)

1.6.4.2 การกลั่นลำดับส่วน (Rectification)

เป็นการกลั่นเพื่อเลือกส่วนของสารหอมระเหยที่ต้องการหรือเพื่อแยก terpene hydrocarbons ซึ่งเป็นสารที่ระเหยได้ง่ายออกจากน้ำมันหอมระเหยโดยการกลั่นภายใต้สภาวะสุญญากาศ terpeneless oil ที่ได้จะมีลักษณะเป็นสารละลายใสและสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง

sesquiterpeneless oil ได้จากการนำ terpeneless oil ไปผ่านการกลั่นลำดับส่วนอีกครั้งเพื่อเป็นการกำจัด sesquiterpene hydrocarbon ออกจากน้ำมันหอมระเหยซึ่งจะทำให้ น้ำมันหอมระเหยที่ได้มีความเสถียร มีความเข้มข้นของกลิ่นที่ต้องการมากขึ้น



ภาพที่ 1.8 การกลั่นลำดับส่วนในระดับอุตสาหกรรม

ที่มา : Ashurst (1995)

1.6.5 การแยกองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่ได้ออกเป็นส่วน ๆ

วัตถุประสงค์เพื่อแยกองค์ประกอบที่ต้องการออกจากน้ำมันหอมระเหย เช่น การแยก linalol ออกจาก rosewood oil หรือ เพื่อแยกองค์ประกอบที่ไม่ต้องการออกจากน้ำมันหอมระเหยเช่นการแยก pulegone ออกจาก peppermint oil การแยกองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยสามารถทำได้หลายวิธีได้แก่

1.6.5.1 การใช้เทคนิคโครมาโตกราฟี จัดเป็น cold process และเป็นวิธีที่มีความเฉพาะเจาะจง (selectivity) ค่อนข้างสูงแต่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง

1.6.5.2 การสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ (carbondioxide extract)
จัดเป็น cold process เช่นเดียวกันแต่มีความเฉพาะเจาะจงในการแยกน้อยกว่า

1.6.5.3 การสกัด โดยใช้ตัวทำละลายคือ แอลกอฮอล์ และน้ำ วิธีการนี้จะใช้อย่างแพร่หลายในการผลิตสารให้กลิ่นรสเพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม

1.6.6 การควบคุมคุณภาพของน้ำมันหอมระเหย (Essential oil quality control)

การควบคุมคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสารให้กลิ่นรสนั้น บริษัทผู้ผลิตสารให้กลิ่นรสจะต้องตรวจสอบการปลอมปน (adulteration) ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีตั้งแต่การตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพอย่างง่าย ๆ ไปจนถึงการใช้แก๊สโครมาโตกราฟี (gas chromatography)

ในระหว่างการเก็บรักษาน้ำมันหอมระเหยอาจมีการเสื่อมสภาพจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน พอลิเมอร์ไรเซชัน และการย่อยสลาย (hydrolysis) การเก็บรักษาน้ำมันหอมระเหยควรจะต้องเก็บในที่แห้งและเย็นและป้องกันไม่ให้สัมผัสกับแสงหรือเก็บภายใต้สภาวะที่มีก๊าซ ในโตรเจน

1.6.7 การประยุกต์ใช้น้ำมันหอมระเหย

การใช้น้ำมันหอมระเหยเป็นส่วนผสมในการผลิตสารให้กลิ่นรสจะเป็นการเน้นลักษณะ เฉพาะของกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์สุดท้าย บางครั้งอาจต้องมีการเติมสารเคมีซึ่งเป็นองค์ประกอบหลัก (nature identical aroma chemical) ลงไปในสารให้กลิ่นรสที่มีน้ำมันหอมระเหยเป็นส่วนผสม เพื่อปรับปรุงกลิ่นรสให้ดีขึ้น เช่น การเติม ethyl butyrate (fruity , juicy) และ cis – 3 – hexanol (green leaf) จะทำให้น้ำมันสกัดจากผิวส้มมีกลิ่นเหมือนน้ำส้มมากขึ้น การใช้น้ำมันหอมระเหยเป็นส่วนผสมในการผลิตสารให้กลิ่นรสจะทำให้ผลิตภัณฑ์สารให้กลิ่นรสที่ได้มีกลิ่นรสใกล้เคียงกับกลิ่นธรรมชาติมากขึ้น น้ำมันหอมระเหย บางชนิดจะมี key characteristic ของ สารให้กลิ่นรสชนิดต่างๆและมักใช้ในปริมาณเล็กน้อยเพื่อผสมในสารให้กลิ่นรสธรรมชาติเพื่อให้ได้ลักษณะของกลิ่นตามต้องการ coriander oil ประกอบไปด้วย linalol ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นธรรมชาติของ apricot จึงมักผสม coriander oil ในสารให้กลิ่น apricot ธรรมชาติ

1.6.8 Oleoresin

Oleoresin เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายแล้วระเหยตัวทำละลายออกเพื่อให้ได้ pure resinous residue ซึ่งประกอบด้วยน้ำมันซึ่งระเหยได้ (volatile oil) และ ส่วนของน้ำมันที่ไม่ระเหย (non volatile oil) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมี

1.6.8.1 การปรับมาตรฐาน oleoresin (Standardized oleoresin)

กรณีที่ชิ้นส่วนของพืชที่ใช้ในการสกัดมีปริมาณไขมันค่อนข้างสูง oleoresin ที่สกัดได้จะมีกลิ่นค่อนข้างอ่อน ดังนั้นจึงต้องนำ oleoresin ที่ได้มาผ่านขั้นตอนการปรับมาตรฐาน (standardized) โดยการเติมน้ำมันหอมระเหยซึ่งได้จากการสกัดโดยใช้ไอน้ำ เพื่อช่วยปรับกลิ่นรสให้ใกล้เคียงกับธรรมชาติมากขึ้น ตัวอย่างของ oleoresin ที่ต้องนำมาผ่านการปรับมาตรฐาน (standardized oleoresin) ได้แก่ coriander, bay, nutmeg, mace และ pepper ซึ่ง standardized oleoresin ที่ได้อาจอยู่ในรูปอิมัลชัน (emulsion) หรือ oleoresin ที่ผ่านการเอนแคปซูเลทโดยใช้เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย



ภาพที่ 1.9 การสกัด oleoresin ในระดับอุตสาหกรรม

ที่มา : Ashurst (1995)



ภาพที่ 1.10 paprika oleoresin

ที่มา : Ashurst (1995)

1.6.9 Tincture

Tincture เป็นสารสกัดที่ใช้แอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลาย ซึ่งได้จากการนำวัตถุดิบที่ได้จากชิ้นส่วนของพืช มาผ่านกระบวนการ maceration (ภาพที่ 1.12) โดยไม่มีความร้อนมาเกี่ยวข้อง วิธีการนี้ทำได้โดยบรรจุวัตถุดิบที่ต้องการสกัดในถุงผ้าจากนั้นนำไปแช่ในถังซึ่งบรรจุตัวทำละลายได้แก่สารละลายแอลกอฮอล์ ซึ่งมีความเข้มข้น 40-60% ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 5-8 วัน (อาจมีการคนตัวอย่างหนึ่งหรือสองครั้ง) ทิ้งให้สารละลายใส จากนั้นกรองผลิตภัณฑ์ที่ได้ สารสกัดที่ได้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. สารสกัดที่ละลายในน้ำ (water soluble extract) ประกอบด้วย น้ำตาล , resin, tannic acid
2. สารสกัดที่ละลายในแอลกอฮอล์ (alcohol soluble extract) ประกอบด้วยสารให้กลิ่น (aromatic compounds), น้ำมันหอมระเหย (essential oil)

ตารางที่ 1.7 สารให้กลิ่นรสในรูป oleoresin และการนำไปประยุกต์ใช้ใน
ผลิตภัณฑ์อาหาร

ตัวอย่าง oleoresin	แหล่งวัตถุดิบ	การประยุกต์ใช้ใน ผลิตภัณฑ์อาหาร
Pepper oleoresin	<i>Piper nigrum</i>	Snacks, curries, sauces, pickles
Pimento oleoresin	<i>Pimenta officinalis</i>	Pickles, chutneys, sauces, spice blends
Vanilla oleoresin	<i>Vanilla fragrans</i>	Liqueures, natural baked goods, sweet sauces
Ginger oleoresin	<i>Zingiber officinale</i>	Baked goods
Fenugreek oleoresin	<i>Trigenella f.g.</i>	Spice blends, curries
Lovage oleoresin	<i>Levisticum officinale</i>	Soups, savory sauces
Nutmeg oleoresin	<i>Myristica fragrans</i>	Soups, savory and sweet sauces
Turmeric oleoresin	<i>Curcuma longa</i>	Spice blends, natural color
Oregano oleoresin	<i>Origanum vulgare</i>	Pizza toppings, herb sauces
Rosemary oleoresin	<i>Rosemarinus officinalis</i>	Natural antioxidant, meat sauces

ที่มา : Ashurst (1995)



ภาพที่ 1.12 maceration process

ที่มา : Ashurst (1995)

1.6.10 Absolute

สารให้กลิ่นรสในรูป Absolutes ได้แก่ สารสกัดจากพืชที่ละลายในแอลกอฮอล์ (alcohol soluble extracts) ซึ่งจัดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการผลิตสารให้กลิ่นรส

Absolute สามารถเตรียมได้จาก

1. การสกัดชิ้นส่วนของพืชด้วยเอทานอล (ethanol) จากนั้นจึงระเหยตัวทำละลายออก
2. การสกัด crude whole oleoresin ด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม จากนั้นระเหยตัวทำละลายออกแล้วทำการสกัด absolute จาก oleoresin อีกครั้งด้วยแอลกอฮอล์
3. การสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลวทำให้สารสกัดที่ได้มีลักษณะเป็น absolute โดยไม่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์

ตารางที่ 1.8 สารให้กลิ่นรสในรูป absolute และการนำไปประยุกต์ใช้
ในผลิตภัณฑ์อาหาร

ตัวอย่างสารสกัดในรูป absolute	แหล่งวัตถุดิบ	การนำไปประยุกต์ใช้ใน ผลิตภัณฑ์อาหาร
Rose absolute	<i>Rosa centifolia</i> (de Mai) <i>Rosa damascenia</i>	Confectionery, soft drinks
Jasmin absolute	<i>Jasminum grandifolia</i>	Top note fruit flavors
Ginger absolute	<i>Zingiber officinalis</i>	Beverages, liqueurs
Spearmint absolute	<i>Mentha spicata</i>	Oral hygiene
Boronia absolute	<i>Boronia megastigma</i>	Fruit flavors
Vanilla absolute	<i>Vanilla fragrans</i>	Dairy, liqueurs
Orange blossom, absolute from water	<i>Citrus aurantium</i>	Orange flavors modifier
Labdanum absolute	<i>Citrus ladaniferus</i>	Soft fruit flavors
Cassia absolute	<i>Ribes nigrum</i>	Natural blackcurrant flavor
Mimosa absolute	<i>Acacia decurrens</i>	Fruit flavors
Genet absolute	<i>Spartium junceum</i>	Fruit flavors

ที่มา : Ashurst (1995)

1.6.11 การสกัดโดยใช้ คาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวทำละลาย

(Extraction with CO₂ as a solvent)

เทคนิคการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวทำละลายสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสกัดสารให้กลิ่นรสในชิ้นส่วนของพืชที่แห้ง (dry botanical) ซึ่งประกอบด้วยน้ำมัน หรือ resin

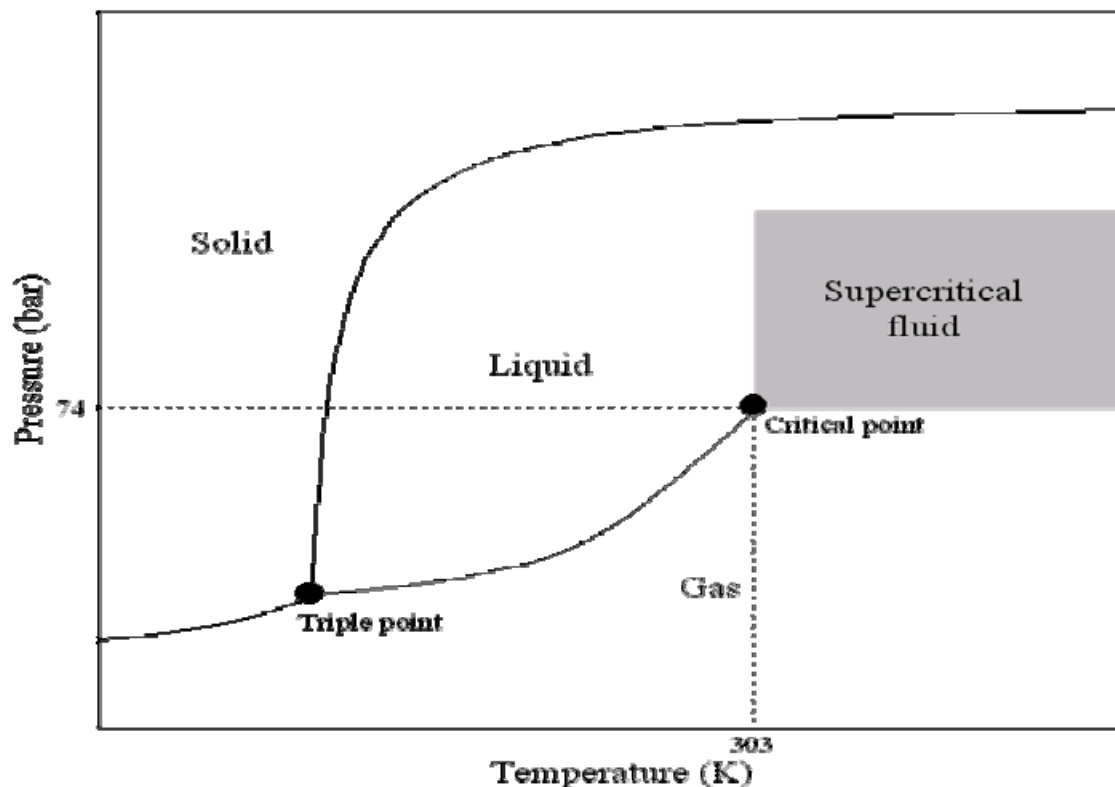
การสกัดโดยวิธีนี้มีข้อดีว่าการสกัดโดยวิธีอื่นเนื่องจาก

1. คาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวทำละลายที่ไม่มีกลิ่นและรส

2. ปลอดภัยเมื่อใช้กับผลิตภัณฑ์อาหาร และ เป็นสารที่ไม่ติดไฟ
3. แทรกซึมเข้าไปในตัวอย่างได้ง่ายเนื่องจากมีความหนืดต่ำ
4. สามารถกำจัดออกจากสารสกัดได้ง่ายโดยไม่มีตัวทำละลายหลงเหลืออยู่
เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์มีความร้อนแฝงของการระเหยต่ำ
5. สามารถเลือกสกัดเฉพาะองค์ประกอบที่ต้องการได้ โดยการปรับเปลี่ยน อุณหภูมิ
และความดันในการสกัด

ภาพที่ 1.13 เปรียบเทียบการสกัดโดยใช้วิธีดั้งเดิมและการสกัด
โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์

ที่มา : Ashurst (1995)



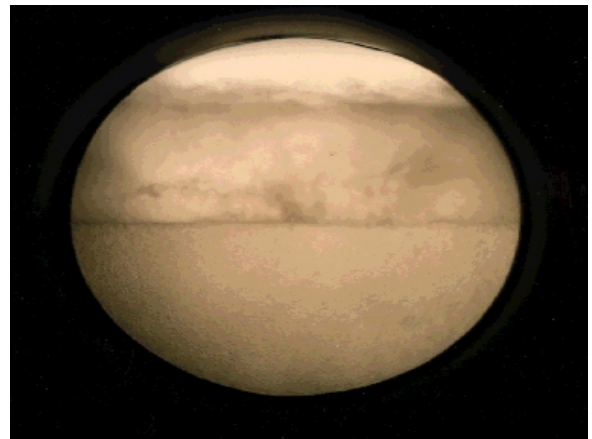
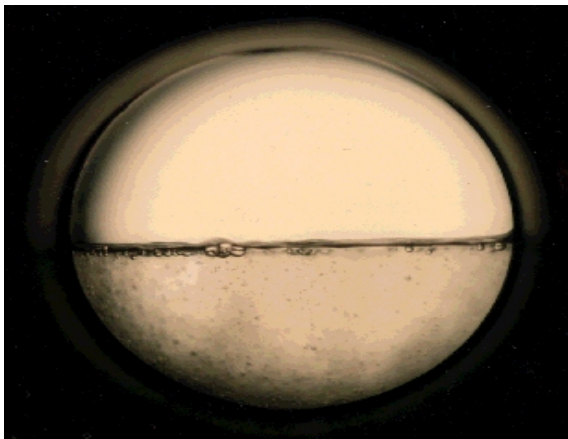
ภาพที่ 1.14 ไดอะแกรมแสดงสถานะ (phase diagram) ของคาร์บอนไดออกไซด์
ที่มา : Ashurst (1995)

ภาพที่ 1.14 แสดงไดอะแกรมสถานะของคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งสถานะของแข็งของเหลว ก๊าซ และ ของไหลเหนือสภาวะวิกฤติ (supercritical fluid) จุดวิกฤตเป็นจุดที่อุณหภูมิและความดันสูงสุดซึ่งคาร์บอนไดออกไซด์สามารถอยู่ในสภาวะสมดุลระหว่างสถานะของเหลวและก๊าซ ของไหลเหนือสภาวะวิกฤติหมายถึงของไหลที่อยู่ในสภาวะเหนืออุณหภูมิและความดันวิกฤต เส้นแต่ละเส้นในไดอะแกรมแสดงสถานะจะแสดงอุณหภูมิและความดันที่สถานะ 2 สถานะอยู่ในสภาวะสมดุล เส้นสมดุลระหว่างสถานะของเหลวและก๊าซจะเรียกว่า boiling curve ถ้าเพิ่มอุณหภูมิและความดันคาร์บอนไดออกไซด์ในสถานะของเหลวจะมีความหนาแน่นลดลงในขณะเดียวกันคาร์บอนไดออกไซด์ในสถานะก๊าซจะมีความหนาแน่นสูงขึ้นเนื่องจากความดันที่เพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงอุณหภูมิและความดันที่จุดวิกฤตคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งสองสถานะจะอยู่ใน

การสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์จะขึ้นอยู่กับสภาวะในการสกัดที่เลือกใช้ ซึ่งอาจจะเลือกใช้สภาวะในการสกัดสูงกว่าหรือต่ำกว่าสภาวะวิกฤติ ของคาร์บอนไดออกไซด์

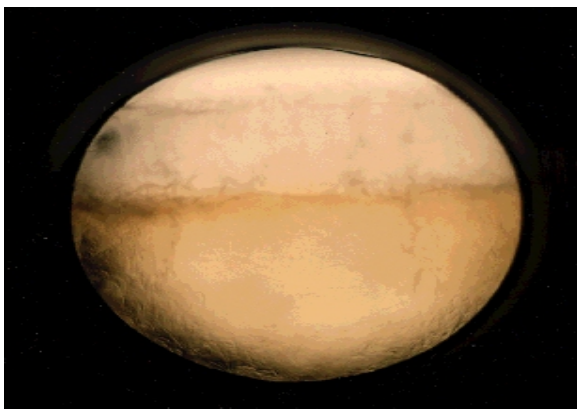
ก

ข



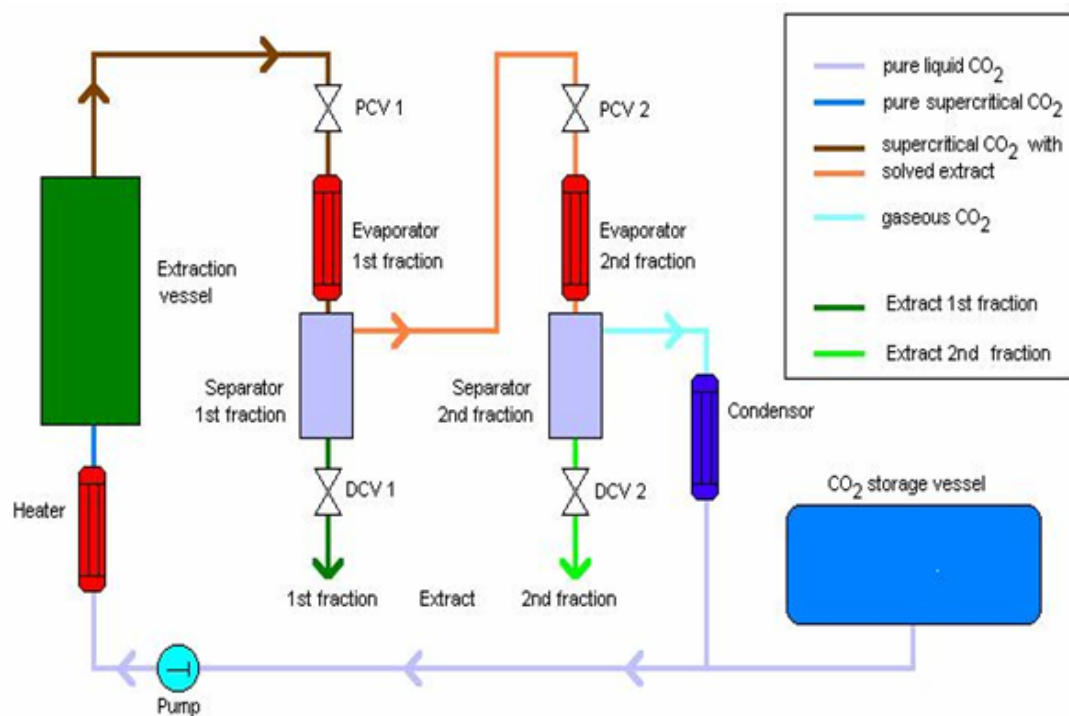
ค

ง



ภาพที่ 1.15 คาร์บอนไดออกไซด์ในสถานะของเหลว ก๊าซ และของไหลเหนือสภาวะ วิกฤติ

ภาพที่ 1.15 แสดงสถานะของคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะอุณหภูมิและความดันต่างๆ โดยรูป ก เป็นสภาวะที่สามารถสังเกตเห็นเส้นแบ่งสถานะของคาร์บอนไดออกไซด์



ภาพที่ 1.16 ไดอะแกรมการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤติ
ที่มา : <http://www.nateco2.de/html/body-flowshee.htm>

ภาพที่ 1.16 แสดงไดอะแกรมของการสกัดน้ำมันหอมระเหยในระดับอุตสาหกรรมโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในสภาวะเหนือจุดวิกฤติและมีการแยกสารสกัดออกเป็นส่วนๆ ขั้นตอนการสกัดเริ่มจากการนำวัตถุดิบที่ต้องการสกัดใส่ในภาชนะที่ใช้ในการสกัด

1.6.11.1 การสกัดโดยใช้สภาวะที่ต่ำกว่าจุดวิกฤติของคาร์บอนไดออกไซด์
(Subcritical CO₂ extraction)

การสกัดโดยวิธีนี้ใช้ความดัน 50 – 80 บาร์ และ อุณหภูมิ 0-10⁰ซ เป็นวิธีที่สามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยได้เหมือนกับการกลั่นโดยใช้ไอน้ำ

1.6.11.2 การสกัดโดยใช้สภาวะที่สูงกว่าจุดวิกฤติของคาร์บอนไดออกไซด์
(Supercritical CO₂ extraction)

การสกัดโดยวิธีนี้จะใช้ความดัน 200-300 บาร์ อุณหภูมิ 50-80⁰ซ การสกัดโดยใช้สภาวะที่สูงกว่าจุดวิกฤติของคาร์บอนไดออกไซด์สามารถสกัดสารประกอบที่ละลายได้จากชิ้นส่วนของพืชได้ทั้งหมดเหมือนกับการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์และได้ oleoresin และสามารถนำไปแยกในขั้นตอนต่อไปเพื่อให้ได้น้ำมันหอมระเหย

คุณสมบัติของสารสกัด (Properties of extract)

สารสกัดที่ได้จะไม่มีตัวทำละลายหลงเหลืออยู่, ไม่มีกลิ่นแปลกปลอม (no off note), มีค่าการละลายที่ดี และ มีความเข้มข้นของสารให้กลิ่นรสที่ต้องการสูง

ตารางที่ 1.9 การละลายของสารประกอบที่ได้จากพืช โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลวเป็นตัวทำละลาย

ละลายได้ดี	ละลายได้เพียงบางส่วน	ส่วนใหญ่ไม่ละลาย
Low MW aliphatic hydrocarbons, carbonyls, esters, ethers (e.g. cineole), alcohols, monoterpenes, sesquiterpenes	High MW aliphatic hydrocarbons, esters, substituted terpenes and sesquiterpenes, carboxylic acids and polar N and SH compounds, saturated lipids up to C ₁₂	Sugars, protein, polyphenols, waxes, inorganic salts, high MW compounds e.g. chlorophyll, carotenoids, unsaturated and higher than C ₁₂ lipids
MW up to 250	MW up to 400	MW above 400

ที่มา : Ashurst (1995)

1.7 สารให้กลิ่นรสที่ได้จากสัตว์ (Animal-based flavoring materials)

Meat-derived flavor ผลิตได้จากการใช้วัตถุดิบซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการแปรรูปเนื้อสัตว์ ตัวอย่างของ meat-derived flavor ได้แก่ ซุปผง หรือ ซุปก้อน (bouillons ; dried-aqueous extracts) หรือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีนโดยใช้เอนไซม์ (enzyme modified) ได้แก่ protein hydrolysate

1.7.1 Process flavors

Process flavors หมายถึงกลุ่มของสารให้กลิ่นรส หรือ flavor ingredients ซึ่งผลิตได้จากการใช้ precursor materials โดยผ่านกระบวนการผลิตเช่นกระบวนการให้ความร้อน หรือ การใช้เอนไซม์เพื่อเปลี่ยน precursor material ให้อยู่ในรูปสารให้กลิ่นรสที่ต้องการ ผลิตภัณฑ์สารให้กลิ่นรสที่ได้จะอยู่ในรูป complex flavoring material ซึ่งประกอบไปด้วย สารที่ทำหน้าที่ในการเน้นกลิ่นรส (flavor enhancers) และ โปรไฟล์ของ

กลิ่น (aroma profiles) ตัวอย่างของ process flavor ได้แก่ Hydrolyzed Vegetable Protein (HVP) และ Autolyzed Yeast Extract (AYE)

ส่วนผสมพื้นฐานที่ใช้ในการผลิต process flavor ได้แก่

1. กรดอะมิโนโดยเฉพาะกรดอะมิโนที่มี sulfur ในโมเลกุล
2. วิตามินบี 1 (Thiamine)
3. synthetic flavoring ingredients ได้แก่ pyrazine, thiazolines, furanones, furans, polysulfide compounds (thianes) และ thiophenes

Process flavors สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท

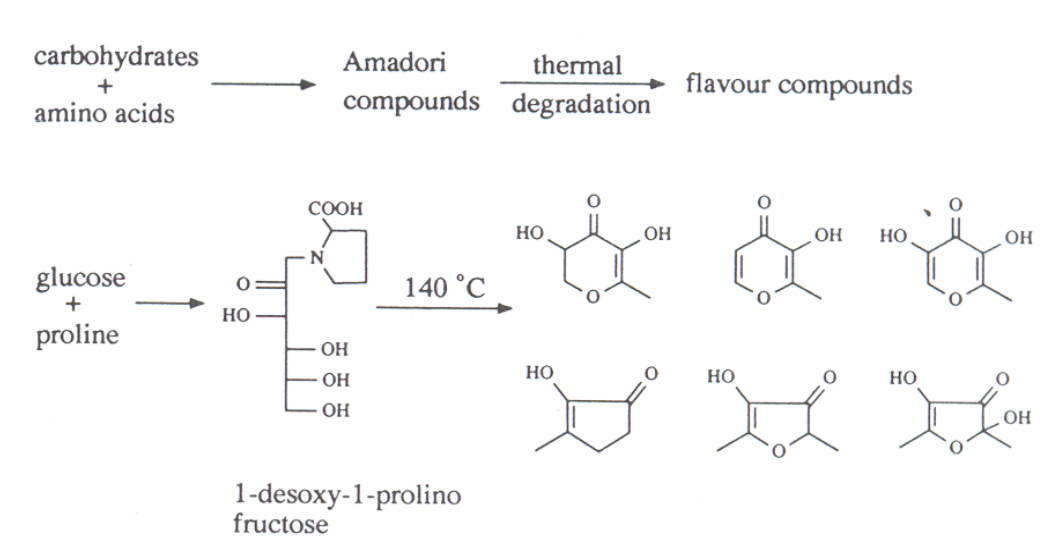
1. สารให้กลิ่นรสที่เกิดระหว่างกระบวนการให้ความร้อน (Thermally processed flavors) ได้แก่ meat และ savory flavor
2. สารให้กลิ่นรสที่เกิดจากการใช้เอนไซม์ (Flavors produced by enzymatic modification)

1.7.1.1 Hydrolyzed Vegetable Protein (HVP)

Hydrolyzed Vegetable Protein (HVP) พัฒนาขึ้นโดย Julius Maggi นักเคมีชาวสวิสซึ่งการผลิต HVP จะต้องเลือก precursor materials และสภาวะการผลิตที่เหมาะสม ถึงแม้ว่า Maillard reaction จะเป็น pathway หลักในการทำให้เกิดกลิ่นรส แต่ chemical pathway ก็มีส่วนสำคัญเช่นกัน key aromatic compounds ซึ่งทำให้เกิด meat-like, cooked และ roasted flavors ได้แก่ heterocyclic compounds (ตารางที่ 1.10) สารเหล่านี้ผลิตโดยวิธีการสังเคราะห์และผ่านการรับรองความปลอดภัยและจัดอยู่ใน GRAS (Generally Recognized As Safe) status โดยผู้เชี่ยวชาญจาก FEMA's (Flavor and Extract Manufacturer's Association) หรือ FDA (Food and Drug Administration)

HVP ผลิตได้จากการย่อยสลายโปรตีนโดยใช้กรดซึ่งโปรตีนส่วนใหญ่จะเป็นโปรตีนที่ได้จากพืช สารให้กลิ่นรสเกิดจากปฏิกิริยาเคมี ระหว่าง กรดอะมิโน และ reducing sugar (Maillard reaction) ในขณะที่มีการให้ความร้อน โปรไฟล์กลิ่นรสของ HVP ที่ได้จะขึ้นกับความเข้มข้นของส่วนผสมที่ใช้, substrate (แหล่งของโปรตีน) และ กระบวนการ

HVP's ถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมหลักในการผลิต meat- like flavors อย่างแพร่หลาย สารให้กลิ่นรสชนิดนี้ไม่เพียงแต่จะให้ aroma notes แต่ยังช่วยเน้นรสชาติด้วย ซึ่งรสชาติที่ได้เกิดจากเกลือที่ได้จากปฏิกิริยา hydrolysis โดยใช้กรด HCl แล้วปรับสภาพให้เป็นกลาง และ MSG ซึ่งได้จาก glutamic acid ในแหล่งโปรตีน HVP สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารว่าง (snack food), ซุป (soup)

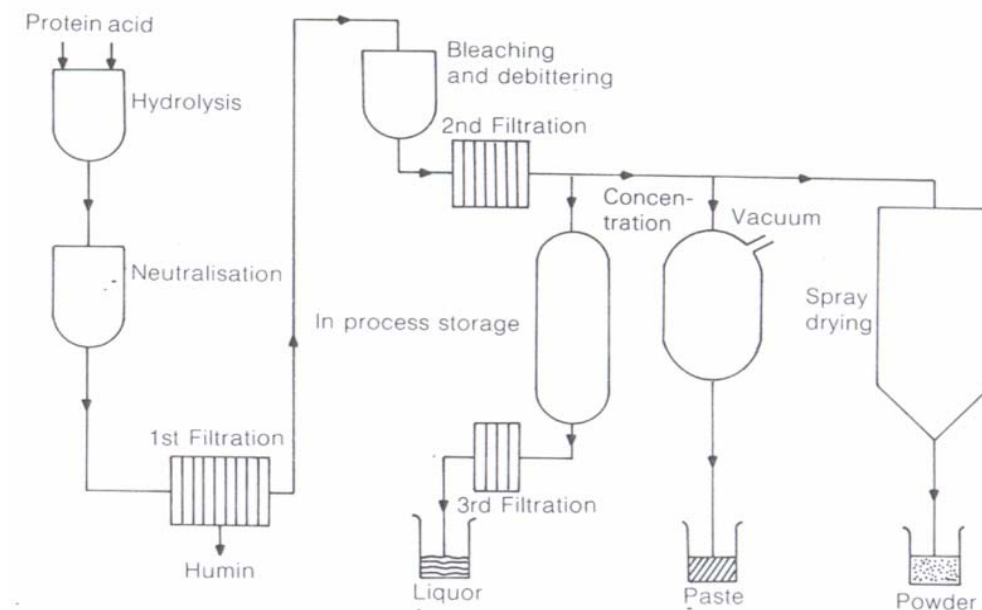


ภาพที่ 1.17 ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในการผลิต process flavor

ตารางที่ 1.10 Key aromatic compounds ที่ให้กลิ่นของ process flavor
ในลักษณะต่างๆ

Key aromatic compounds	Range of flavor types	Range of threshold (in water)
Thiazolines	Roasted Cooked onion Meaty	3 ppm to 0.003 ppb
Pyrazines	Roasted Green Popcorn Nutty	25 ppm to 0.006 ppb
Furanones	Caramel Meat-like	0.1 ppm to 0.03 ppb
Furans	Sweet-burnt Rum-like Green	5 ppm to 6 ppb
Aldehydes	Fruity green	15 ppm to 0.2 ppb
Polysulfide compounds e.g. thianes	Onion/garlic	50 ppb to 2 ppb
Thiophenes	Fried onion Mustard-like	200 ppb to 1 ppb

ที่มา : Reineccius (1994)



ภาพที่ 1.18 กระบวนการผลิต HVP

ที่มา : Ashurst (1995)

1.7.1.2 Autolyzed Yeast Extract (AYE)

Autolyzed Yeast Extract เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการที่ยีสต์ย่อยสลายตัวเองโดย endogeneous enzyme ทำให้ได้ โปรตีน nucleotides วิตามิน และ คาร์โบไฮเดรต องค์ประกอบเหล่านี้สามารถใช้เป็น substrate ในการทำให้เกิดกลิ่นระหว่างกระบวนการให้ความร้อน ซึ่ง substrate ที่ได้จาก AYE สามารถใช้ในการผลิต meat หรือ savory flavoring เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูง มี วิตามินบี 1(thiamine), nucleic acids และ กรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ การผลิต AYE ในระดับอุตสาหกรรมจะมีการเติม enzyme เพื่อทำให้เกิดกลิ่นรสและโปรไฟล์ของรสชาติที่มีลักษณะเฉพาะ

1.7.2 การผลิต process flavor

การผลิต process flavor จะต้องประกอบไปด้วย

1. วัตถุดิบ

วัตถุดิบซึ่ง ใช้เป็น precursors material ได้แก่ nucleic acids, กรดอะมิโน, น้ำตาล, ไขมัน, micronutrients และ อื่นๆ

ส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสารให้กลิ่นรสประเภทนี้ ได้แก่

- โปรตีน

โปรตีนได้จากผลิตภัณฑ์เนื้อ (meat) สัตว์ปีก (poultry) ผลิตภัณฑ์นม (dairy product) ผลิตภัณฑ์อาหารทะเล (sea food) และ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการย่อยสลาย (hydrolysis product)

- คาร์โบไฮเดรต

ได้แก่ ผัก ผลไม้ น้ำตาล และ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการย่อยสลาย (hydrolysis product)

- ไขมัน หรือ แหล่งของไขมัน

- สมุนไพร (herbs), เครื่องเทศ (spices), วิตามิน, กรด , อิมัลซิไฟเออร์ และ nucleotide

2. กระบวนการให้ความร้อน (Thermal processing)

สารให้กลิ่นรสที่เกิดระหว่างกระบวนการให้ความร้อนได้จากการนำส่วนผสมของวัตถุดิบตามสูตรที่เตรียมได้ไปผ่านกระบวนการผลิตภายใต้สภาวะที่กำหนด โดยอุณหภูมิจะต้องไม่สูงกว่า 180⁰ซ

1.7.3 ตัวแปรในกระบวนการผลิตที่มีอิทธิพลต่อการผลิต process flavor ได้แก่

1. ระยะเวลา

เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ความเข้มของกลิ่นรส (flavor intensity) เพิ่มขึ้นและ เกิดการเปลี่ยนแปลงของโปรไฟล์กลิ่นรส (flavor profile)

2. อุณหภูมิ

เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ส่วนผสม (ingredients) จะละลายได้มากขึ้นเป็นผลทำให้เกิดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ทำให้ roast character และ ปริมาณสารระเหยที่ให้กลิ่นเนื้อสัตว์ (meat type volatile) เพิ่มขึ้น

3. pH

เมื่อ pH เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้โปรไฟล์กลิ่นรสเปลี่ยนแปลงและทำให้เกิด roast character, brown notes, burnt note และ caramelized notes ในกรณีที่มีน้ำตาลเป็นส่วนผสม

4. ความเข้มข้น

ความเข้มข้นของส่วนผสมที่ใช้มีอิทธิพลต่อผลผลิตที่ได้รวมถึงโปรไฟล์กลิ่นรส

5. น้ำตาล

น้ำตาลจะทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนเช่น cysteine HCl และ กรดอะมิโน ที่ได้จาก HVP, AYE หรือ meat protein ทำให้เกิดโปรไฟล์กลิ่นรสซึ่งให้ลักษณะเฉพาะของกลิ่นรสเนื้อสัตว์ (characteristic meat flavor) ที่แตกต่างกัน

อัตราส่วนของ cysteine HCl ต่อน้ำตาลมีผลต่อการทำให้เกิด roast character โดยทั่วไปถ้ามีปริมาณน้ำตาล เช่น ribose หรือ xylose ในส่วนผสมมากจะทำให้เกิด beef flavor แต่ถ้ามีปริมาณน้ำตาลในส่วนผสมน้อยจะทำให้เกิดกลิ่นไก่ (chicken) หรือ กลิ่นหมู (pork flavor) และถ้ามีปริมาณน้ำตาลสูงจะทำให้เกิด burnt notes และ coffee like profiles

6. โปรตีน

HVP จัดเป็นแหล่งของกรดอะมิโนที่มีราคาไม่แพงเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำตาลจะทำให้เกิดลักษณะเฉพาะของ meat profile นอกจากนี้ HVP ยังสามารถใช้ใน meat flavor dry blends

AYE เป็นแหล่งโปรตีนที่มีราคาแพงกว่า HVP หรือ โปรตีนจากเนื้อสัตว์ โดยสามารถทำให้เกิดลักษณะเฉพาะของโปรไฟล์ของกลิ่นเนื้อสัตว์ (meat profiles) และ สามารถใช้ได้ ใน meat flavor dry blends ได้เช่นกัน

gelatin สามารถทำให้เกิดลักษณะเฉพาะของกลิ่นรสเนื้อ (beef flavor) และ sweet type flavors

กรดอะมิโน

กรดอะมิโนบางตัวสามารถทำให้เกิดลักษณะเฉพาะของโปรไฟล์กลิ่นเนื้อสัตว์ นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยทำให้เกิดกลิ่นรสเนื้อสัตว์ระหว่างการเกิดปฏิกิริยา

ตารางที่ 1.11 ตัวอย่างของ Thermal process flavor ที่ได้รับการจดลิขสิทธิ์

Major Reactant	Processing (Temp/Time)	Types of Flavor	Patent cited
1-Cysteine	130 ⁰ C/3hrs	Meat-like	May 1960 USA2,934,435
Furaneol 1- Cysteine	100 ⁰ C/31min	Roasted meat	Van den Ouweland USA 3,904,655
Chicken Protein/thiamine	130 ⁰ C/30min	Chicken	Chuy USA 4,081,565
2-Hydroxy Ethyammonium Hydrogen Sulfide 3-methyl butanol	85 ⁰ C/30min	Bacon	Weiner USA 3,645,754
Xylose 1-cysteine HVP	60-180 ⁰ C/3min	Roast beef	Baughar USA 3,930,046
HVP 1- cysteine xylose Malic acid Guanylate	100 ⁰ C/2hrs	Beef	Van Pottelsbughi USA 3,716,380
Fried onion	115 ⁰ C/40min	Onion	Huth USA 3,424,592

ที่มา : Reineccius (1994)

8. ค่าการละลาย

การเลือกชนิดของตัวทำละลายมีผลต่อการละลายของส่วนผสมที่ใช้ ปฏิกริยา Maillard ต้องการน้ำเพื่อให้ส่วนผสมละลาย ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นในตัวทำละลายที่เป็นไขมัน(oil based reactions) จะจำกัดความหลากหลายของโปรไฟล์กลิ่นเนื้อสัตว์

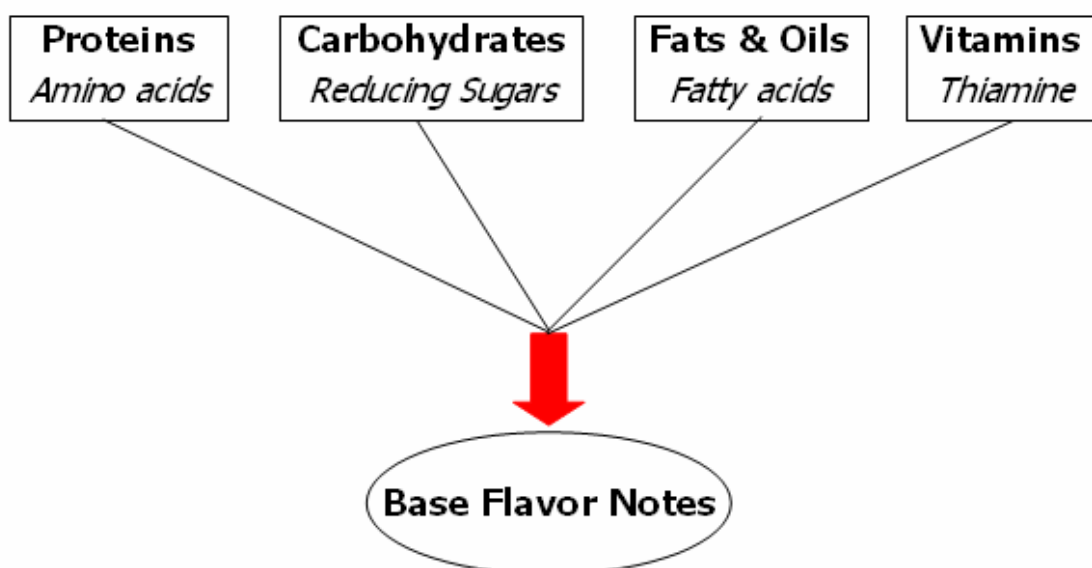
9. Cysteine HCl

Cysteine HCl ใช้มากในการผลิตกลิ่นรสเนื้อสัตว์ การใช้อัตราส่วนของ cysteine/sugars ที่เหมาะสมมีส่วนสำคัญในการทำให้เกิดโปรไฟล์กลิ่นรสตามต้องการ

Basic process flavor

Basic process flavor เกิดจากปฏิกริยา Maillard โดยการใช้ precursor materials เช่น thiamine, กรดอะมิโน, reducing sugar และ hydrolysate

Basic process flavor ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิต meaty, roasted หรือ cooked note ซึ่งจะให้ความเข้มข้นและลักษณะเฉพาะของกลิ่นรสมากกว่า HVP หรือ AYE



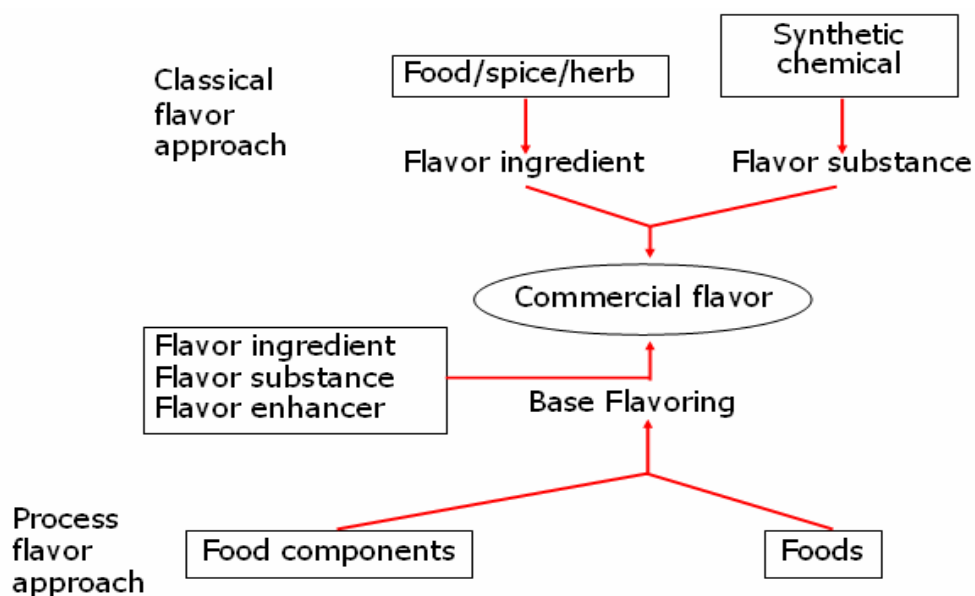
ภาพที่ 1.19 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต base flavor note ใน process flavor

Complex process flavor

Basic process flavors จะให้กลิ่นที่ไม่เฉพาะเจาะจง (nonspecific aromas) ปัจจุบันได้มีการพัฒนาการผลิต process flavor เพื่อให้ได้ โปรไฟล์ของกลิ่นเนื้อสัตว์ แต่ละชนิด (species specific aroma profiles) โดยใช้ specific precursors และ สภาพการให้ความร้อนที่เหมาะสมทำให้สามารถผลิต specific chemical ซึ่งให้ ลักษณะเฉพาะของกลิ่นเนื้อสัตว์แต่ละชนิด ตัวอย่างเช่น dienals เกิดจากการสลายตัวของไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fats) และ กรดไขมัน (fatty acids) ระหว่าง กระบวนการให้ความร้อนซึ่งจะให้ strong chicken aroma การใช้กรดอะมิโน proline ใน ปริมาณสูงทำให้ได้ bread และ/หรือ cracker notes

The final flavors

ส่วนผสมของ commercial process flavor จะประกอบไปด้วย flavoring ingredients notes และมีการเติม carriers, antioxidants, ตัวทำละลาย, flavor adjuncts และ สารที่ช่วยเน้นกลิ่นรส (flavor enhancer)

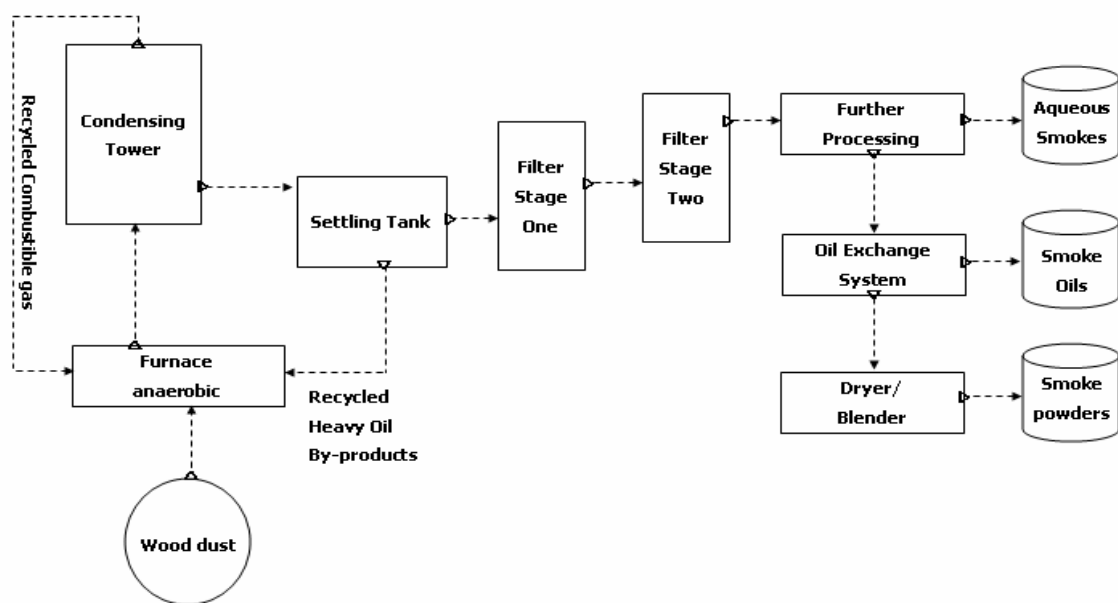


ภาพที่ 1.20 ส่วนผสมของสารให้กลิ่นรสที่ผลิตในอุตสาหกรรมโดยใช้ classical flavor approach และ process flavor approach

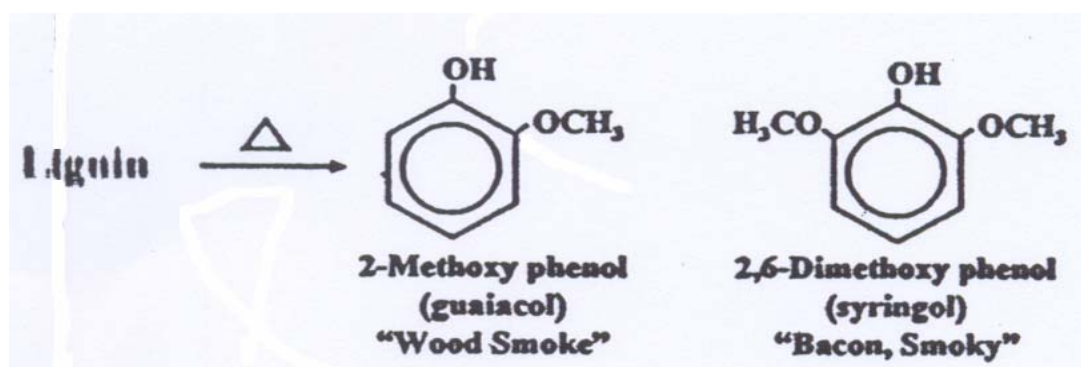
1.8 กลิ่นรมควัน (Smoke-Based 'Reaction' Flavors)

- Liquid-Based smoke

กลิ่นรมควันที่ได้จากควันไม้ตามธรรมชาติจัดอยู่ใน GRAS status กลิ่นรมควันสามารถผลิตได้โดยการควบแน่นควันไม้ (โดยทั่วไปใช้ไม้ hickory หรือ mesquite) ภายใต้สภาวะที่ปราศจากอากาศ



ภาพที่ 1.21 กระบวนการผลิต Smoke-Based 'Reaction' Flavors



ภาพที่ 1.22 องค์ประกอบทางเคมีที่ให้กลิ่นรมควัน

1.9 สารให้กลิ่นรสที่ผลิตโดยการใช้เทคโนโลยีชีวภาพ

เทคโนโลยีชีวภาพเป็นอีกวิธีที่ใช้ในการผลิต natural food ingredients แทนการสกัดหรือการสังเคราะห์โดยวิธีทางเคมี เทคนิคทางเทคโนโลยีชีวภาพที่ใช้ในการผลิตองค์ประกอบของสารให้กลิ่นรสได้แก่การใช้ จุลินทรีย์ที่ทราบชนิดแน่นอนในกระบวนการหมัก เพื่อสังเคราะห์หน่วยโครงสร้างของสารให้กลิ่นรส หรือ โดยการใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (plant tissue culture)

เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

ชั้นส่วนของพืชจัดเป็นแหล่งของสารประกอบที่ให้กลิ่นรส (flavor compounds) หลายชนิด สารที่พืชผลิตขึ้นซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับ metabolic pathway และการเจริญเติบโตของพืช จะเรียกว่า secondary metabolites ซึ่งสารให้กลิ่นรสที่พืชผลิตขึ้นจัดอยู่ในกลุ่ม secondary metabolite โดยทั่วไปจะพบ secondary metabolite ในส่วนของ highly differentiated tissues ภายใต้ specific growth condition

เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นเทคนิคที่ทำให้เซลล์ของพืชเจริญเติบโตในตัวกลางที่เป็นของเหลวหรือของแข็งดังแสดงในภาพที่ 1.23

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชทำได้โดยการตัดชิ้นส่วนของพืช เช่น meristem, ราก, ใบ แล้วถ่ายลงใน solid media ซึ่งมีสารอาหารของพืช (แหล่งคาร์โบไฮเดรต, เกลือแร่, วิตามิน) และ สารเร่งการเจริญเติบโตของพืช (phyto-hormones เช่น auxins และ cytokinins) ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ ชั้นส่วนของพืชเหล่านี้จะเปลี่ยนไปเป็น undifferentiated cell ที่เรียกว่า calli ซึ่งสามารถขยายพันธุ์ (propagated) บน growth media ทำให้เกิดเป็นต้นพืช (A) หรืออาจนำไปถ่ายลงใน liquid culture media และทำให้เติบโตในรูปของ suspension culture (B)

ตารางที่ 1.12 ตัวอย่างของการสังเคราะห์หน่วยโครงสร้างหลักของสารให้กลิ่นรส
โดยใช้จุลินทรีย์ที่ทราบชนิดแน่นอนในกระบวนการหมัก

ผลิตภัณฑ์ที่ได้	แหล่งที่พบในธรรมชาติ	ชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้	substrate ที่ใช้ในการสังเคราะห์
Methyl ketone	Cheese	<i>Penicillium roqueforti</i>	Fatty acids
Lactones	Peach, coconut	<i>Pityrosporum species</i>	Lipid
Butyric acid	Butter	<i>Clostridium butyricum</i>	Dextrose
Carveol, carvone, dihydrocarvone, perillyl alcohol d-Verbenone d-cis-Verbenol	Spearmint and other essential oils	<i>Pseudomonas species</i> <i>Aspergillus niger</i>	Limonene α -Pinene
Cheeselike flavor	Cheese	<i>Streptococcus species</i> <i>Lactobacillus species</i>	Reconstituted milk
Breadlike flavor	Bread	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Sugar and milk

ที่มา : Reineccius (1994)

ภาพที่ 1.23 การใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (A) micropropagation และ
(B) liquid suspension culture

ที่มา : Hong and Harlander (1989)

ตารางที่ 1.13 ตัวอย่างของ secondary metabolites ที่ผลิตได้โดยใช้เทคนิค
การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

ผลิตภัณฑ์ที่ได้	plant specie	ผลผลิตที่ได้ (กรัม/ลิตร)
Berberine	<i>Coptis japonica</i>	7.0
Rosmarinic acid	<i>Coleus blumei</i>	5.6
Shikonin	<i>Lithospermum erythrorhizon</i>	3.5
Jatrorrhizine	<i>Berberis stolonifera</i>	3.3
Anthraquinones	<i>Morinda citrifolia</i>	2.5
	<i>Galium verum</i>	1.7
Ajmaline	<i>Rauvolfia serpentina</i>	2.0
Raucaffricine	<i>Rauvolfia serpentina</i>	1.6
Shikimic acid	<i>Galium mollugo</i>	1.2
Cinnamoylputrescine	<i>Nicotiana tabacum</i>	1.0

ที่มา : Reineccius (1994)

1.10 สารเคมีที่ได้จากการสังเคราะห์ (synthetic chemical)

สารเคมีทั้งที่ได้จากธรรมชาติและจากการสังเคราะห์จะต้องผ่านการประเมินในเรื่องของความปลอดภัย สารเคมีที่ได้จากธรรมชาติถ้าตรวจพบว่าอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคก็จะไม่ได้รับอนุญาตให้นำมาใช้เช่น coumarin, safrole และ thujone เป็นต้น สารเคมีซึ่งไม่พบในธรรมชาติแต่ได้จากการสังเคราะห์สามารถนำมาใช้เมื่อพิสูจน์ได้ว่าไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค เช่น ethyl vanillin, dibenzyl ether และ glycol acetate เป็นต้น

ตารางที่ 1.14 Organic synthetic chemicals ที่ใช้ในการผลิตสารให้กลิ่นรส

Aromatic		Aliphatic	
Benzenoid	Heterocyclic ring	Cyclic	Acyclic
Phenols	Thiazoles	Lactones	Hydrocarbons
Ether	Furans		Alcohols
Acetals	Pyrans		Carbonyls
Carbonyls	Thiophenes		Carboxylic acids
Carboxylic acids	Pyrazines		Esters
Esters	Imidazoles		Isoprenoids
Lactones	Pyridines		Sulfur compounds
Sulfur compounds	Pyrroles		Nitrogen compounds
	Oxazoles		
	Thiazoles		

ที่มา : Reineccius (1994)